

Requested Patent JP8250405A
Title: METHOD FOR CHECKING X-RAY MASK ;
Abstracted Patent JP8250405 ;
Publication Date: 1996-09-27 ;
Inventor(s): SEKIMOTO MISAO; MATSUDA KOREHITO ;
Applicant(s): NIPPON TELEGR amp; TELEPH CORP It,NTTgt; ;
Application Number: JP19950079401 19950313 ;
Priority Number(s): ;
IPC Classification: H01L21/027 ; G01B15/00 ; G01N23/18 ;

Equivalents:

ABSTRACT:

PURPOSE: To easily detect micro-defects which cannot be detected by a direct X-ray mask checking.

CONSTITUTION: Two inverted transfer images 110 and 120 are formed on the same substrate by an inversion transfer method using X-ray masks 100 and 200 made by same design data. Because the value of the signal of secondary electrons from a normal pattern is greatly different from the value of a defective transfer, the defective transfer can be detected by a relative comparison of those.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-250405

(43)公開日 平成8年(1996)9月27日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/027			H 01 L 21/30	5 3 1 M
G 01 B 15/00			G 01 B 15/00	A
G 01 N 23/18			G 01 N 23/18	
			H 01 L 21/30	5 0 2 V

審査請求 未請求 請求項の数7 FD (全7頁)

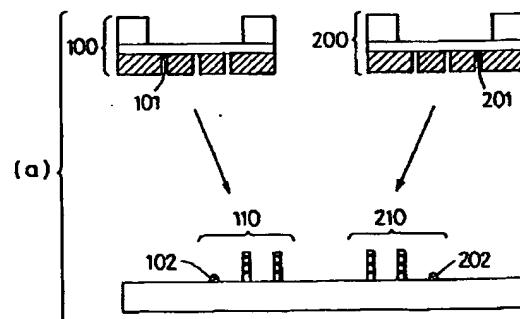
(21)出願番号	特願平7-79401	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22)出願日	平成7年(1995)3月13日	(72)発明者	関本 美佐雄 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	松田 維人 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 高山 敏夫 (外1名)

(54)【発明の名称】 X線マスク検査法

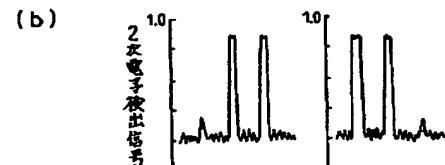
(57)【要約】

【目的】 X線マスク直接検査では、検出困難な微小欠陥を容易に検出することを可能とすること

【構成】 同一設計データより作成したX線マスク100と200を用い、同一ウエハ上に反転転写法によって2つの反転転写像110と210とを作成する。正常パターンからの2次電子信号値と転写欠陥からの値は著しく異なるため、両者を相対比較して転写欠陥を検出することができる。



100--X線マスクA
110--反転転写像A1
200--X線マスクB
210--反転転写像B1
101, 201--欠陥
102, 202--転写欠陥



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を形成し、各反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項2】 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を各々複数個づつ同一基板上に形成する工程と、異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、

同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項3】 異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査した後に、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項2記載のX線マスク検査法。

【請求項4】 異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出し、該抽出した領域のみについて、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項3記載のX線マスク検査法。

【請求項5】 マスクの設計データを反転させた反転設計データと、マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項6】 マスクの設計データを反転させた反転設計データを作成する工程と、マスクの反転転写像を同一基板上に複数個形成する工程と、反転設計データと1つの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、

同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

【請求項7】 反転設計データと1つの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出した後に、

該抽出した領域のみにおいて、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする請求項6記載のX線マスク検査法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体集積回路デバイス製造に使用するX線マスクのパタン検査に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 X線露光法は0.2μmオーダの微細パタンを転写できる有望な技術である。しかし、X線露光法ではX線マスク検査が非常に難しいという問題を解決しなければならない。その大きな理由は、ホトマスク検査では全く問題とならなかった0.1μm以下の微小欠

陥をX線マスク上で確実に検出しなければならないからである。最近、X線マスク検査用に電子線を光源とし2次電子信号から欠陥検出を行う高分解能の検査装置が開発された。しかし、一般的に、検査装置による欠陥検出性能はパタン種や試料条件（導電性・パタンのアスペクト比）等が大きく影響され、例えば、微小孔パタンは他のパタン種（Lineパタン等）より検査が難しいことが知られている。この原因は、凹型形状で面積が非常に小さいことと考えられる。図1に、微小孔パタンを有するX線マスクの電子線照射による2次電子検出系及び検出例を示す。（a）は、微小孔パタンを有するX線マスク及び2次電子検出系、（b）は、同X線マスクからの2次電子信号検出例である。ここで、1はX線マスク、2は孔パタン、3は入射電子線、4は2次電子、5は2次電子検出器である。図1（a）に示すように、X線マスク1に形成した微小孔パタン2に電子線3を走査し、同表面から発生する2次電子4を2次電子検出器5で測定すると、図1（b）に示すような2次電子信号が得られる。2次電子信号（図1（b））は、パタンエッヂにおいて大きく増加するが孔パタン内では逆に減少し大きな信号が得られない。これは、孔パタン内で発生した2次電子の殆どが近接するパタン側壁に衝突し吸収され2次電子検出器に到達できないためである。このように凹型パタンでは大きな信号が得られず、その結果、X線マスク上の凹パタンの検査は非常に難しいと言える。従って、このような凹パタンに対しても検出感度の高い検査法を開発することが望まれている。一方、上記のようなX線マスク自体を検査対象とするマスク直接検査法では、例えば、孔パタン底部に残存した致命的欠陥を検出できないという問題点がある。従って、この問題も早急に解決することが望まれている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記課題を解決するために提案されたもので、X線マスク上の検出感度の低いマスクパタンを直接検査する代わりに、X線露光法等により検査の容易なパタンに変換し、それを検査対象することによって、マスク直接検査では検出困難な微小欠陥を容易に検出することを可能とさせる。また、転写パタンに対する新しい検査法を工夫することによって、マスク欠陥と他の欠陥（プロセス欠陥）の正確な区別を可能とさせることを目的とするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記目的を達成するために、検査の難しい凹型パタン（例えば、孔パタン）を有するX線マスクの欠陥検査において、X線露光による凹凸反転技術を用いることによってウエハ上に凸型のパタン（柱パタンなど）を形成し、該反転転写像を検査対象とすることを大きな特徴とするものである。具体的には、

50 (1) 同一設計データに基づいて作成された複数のマス

クを用いて、各マスクの反転転写像を形成し、各反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

(2) 同一設計データに基づいて作成された複数のマスクを用いて、各マスクの反転転写像を各々複数個づつ同一基板上に形成する工程と、異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

(3) 異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査した後に、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする

(2) 記載のX線マスク検査法。

(4) 異なるマスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出し、該抽出した領域のみについて、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする(3)記載のX線マスク検査法。

(5) マスクの設計データを反転させた反転設計データと、マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とするX線マスク検査法。

(6) マスクの設計データを反転させた反転設計データを作成する工程と、マスクの反転転写像を同一基板上に複数個形成する工程と、反転設計データと1つの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査する第1の検査工程と、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較する第2の検査工程とから成ることを特徴とするX線マスク検査法。

(7) 反転設計データと1つの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査して差異のある領域を抽出した後に、該抽出した領域のみにおいて、同一マスクの反転転写像間で互いに対応する領域を比較検査することを特徴とする(6)記載のX線マスク検査法。を発明の特徴とする。なお、凹凸反転技術としては、上述した反転露光法だけでなくリフトオフ法などもあることは言うまでもなく、本発明は反転露光法に限るものではない。

[0005]

【作用】検査対象を凹型パタンから凸型パタンに変換されることにより、従来より高感度な検査を可能とし、また、同一マスクを転写して形成した2つの転写像同士を比較する検査工程を導入することにより、転写工程で混入するプロセス欠陥とX線マスクに起因するマスク欠陥を選別することを可能とする。

[0006]図2では、反転転写パタン形成法と反転転写パタンについて述べる。(a)は、ネガレジストを用いたX線露光法による反転パタン形成法の模式図、

(b)は、反転転写法により実現された柱状レジストパタンの例である。ここで、21はX線マスク、22は微小孔パタン、23はウエハ基板、24はネガ型レジス

ト、25は軟X線束、26は反転転写された柱状レジストパタンである。反転転写は、図2(a)に示すようにX線マスク21と、ネガ型レジスト24を塗布したウエハ23を微小間隔(10~40μm)で対向させ、X線マスク上方から軟X線束25を照射することによって行う。この結果、X線マスク上の孔パタン22に対応したレジスト上の微小円形領域だけにX線が照射されることになる。ネガ型レジストは、被X線照射領域が架橋反応を起こし不溶解性に変化するため、レジスト現像・リンス処理等を施すと不溶解化領域のレジストだけがパタンとして残り、図2(b)に示すように孔パタンの反転像である柱状レジストパタン26がウエハ上に形成できることになる。

[0007]図3(a)(b)は、上記の柱状レジストパタンに対する電子線照射による2次電子検出系の模式図、および2次電子信号検出例である。ここで、31はウエハ基板、32は柱状レジストパタン、33は入射電子線、34は転写パタンから発生した2次電子、35は2次電子検出器である。図3(a)に示すように、ウエハ基板3の微小柱状パタン32に電子線33を照射すると、同表面から多くの2次電子34が発生し2次電子検出器35に到達することになる。図3(b)に示すように柱状パタンから得られる2次電子信号は、孔パタンの場合、図1(b)と異なり、パタン中央においても減少することなく非常に大きな値を示す。この効果は、検査対象のパタン形状を凹型から凸型へ変換したことによって得られたものであり、高感度の検査が可能になることが容易にわかる。

[0008]

[実施例]次に本発明の実施例について説明する。

(実施例1)本発明に関する第1の実施例として、Dite-to-Dice比較方式による欠陥検査手順を図4を用いて述べる。図4(a)は、同一設計データにより作成した微小孔パタンから成るX線マスクAおよびX線マスクBを用い、同一ウエハ上の隣合う位置に既述の反転転写法によって、2つの反転転写像を形成する要領を示す図である。ここで、100はX線マスクA、101はX線マスクAの孔パタン底の欠陥、102はX線マスクAの孔パタン欠陥の転写欠陥、110はX線マスクAの反転転写像、200はX線マスクB、201はX線マスクBの孔パタン底の欠陥、202はX線マスクBの孔パタン欠陥の転写欠陥、210はX線マスクBの反転転写像である。X線マスクA(100)及びB(200)をネガ型レジストを用いて同一ウエハ上に反転転写し、ウエハ基板上に柱状レジストパタンから成る2つの反転転写像A1(110)及びB1(210)を形成する。この場合、マスク直接検査では検出困難な微小欠陥101及び201が各X線マスクA及びBに存在すると仮定すると、同欠陥の転写欠陥102及び202が各反転転写像A1及びB1内に形成される。

【0009】図4 (b) は、上記ウエハ基板の2つの反転転写像A1及びB1を検査対象として電子線を照射した場合に検出できる2次電子信号の例である。正常な微小柱状パタンからは非常に大きい2次電子信号値が検出できるのに対し、転写欠陥102および202からの2次電子信号値は当然非常に小さくなる。正常パタンからの2次電子信号値と転写欠陥からの値は著しく異なるため、両者を相対比較(Die-to-Die比較)すれば、転写欠陥102および202を高感度で検出できることになる。この結果、上記転写欠陥の原因であるX線マスク上の欠陥情報(欠陥101及び201)を知ることができます。

【0010】(実施例2) 上記実施例1の説明では、転写パタン内の欠陥はマスク欠陥に起因するものに限定した。しかし、転写工程に起因するプロセス欠陥(パーティクル等)が転写パタン内に混入した場合、プロセス欠陥とマスク欠陥を区別することが必要である。本実施例2は、上記課題を解決するための検査手順に関するものである。

【0011】図5に、本実施例での欠陥検査に要求されるウエハ基板上への転写像の形成例を示す。要求される条件は、各マスクについて複数個づつの反転転写像を同一ウエハ上に配置することであり、図5は2枚のX線マスクから各2個づつの反転転写像(すなわち、2行2列)を配置した例である。ここで、2つの反転転写像A1(110)及びA2(120)はX線マスクA(100)を反転転写したものであり、また、反転転写像B1(210)及びB2(220)はX線マスクB(200)を反転転写したものである。また、欠陥(102)はX線マスクAのマスク欠陥(101)に起因する転写欠陥であり、2つの反転転写像A1及びA2における同一座標に存在する。また、欠陥(202)はX線マスクBのマスク欠陥(201)に起因する転写欠陥であり、2つの反転転写像B1及びB2における同一座標に存在する。一方、各反転転写像における他の4つの欠陥(115), (116), (215), (216)は転写工程等で混入したプロセス欠陥である。その特徴は、存在する座標がすべて異なるという点である。

【0012】次に、上記の2行2列に配置した反転転写像間で行う2段階のDie-to-Die比較検査の手順について述べる。最初に行う検査工程1は、実施例1で述べたものと同じである。すなわち、異なるマスクの反転転写像、例えば、A1とB1の間で行うDie-to-Die比較である。その結果、4つの欠陥(102), (202), (115), (215)が検出できる。しかし、この検査1では、各欠陥がマスク欠陥に起因する致命的欠陥かプロセス欠陥であるかの区別ができない。そこで、上記欠陥の区別を可能とするために検査工程2を検査工程1の後に導入する。検査工程2では比較対象が同一マスクからの反転転写像であることが、検

査工程1と異なる点であり、本実施例2の大きな特徴である。Die-to-Die比較対象は、反転転写像A1とA2の間、または、反転転写像B1とB2の間である。欠陥を区別する論理は以下の通りである。例えば、マスク欠陥に起因する転写欠陥は、同一マスクからの2つの反転転写像では同一座標に存在するため、比較検査では「差異無し」という結果になる。一方、プロセス欠陥は発生位置が異なるため、比較検査では「差異有り」という結果が得られる。従って、上記関係を利用すれば、例えば欠陥102は、反転転写像A1とA2の間の比較検査において「差異無し」の結果が得られるため、X線マスクAの孔パタン欠陥101に起因する欠陥であると結論づけられる。また同様に、欠陥202はX線マスクBの孔パタン欠陥201に起因する欠陥であると容易に結論づけられる。一方、欠陥115及び116に対する反転転写像A1とA2の間の比較検査では、「差異有り」という判定結果が得られるため、それらの欠陥は転写工程で混入したプロセス欠陥であると結論づけられる。同様に欠陥215及び216もプロセス欠陥であることが容易にわかる。なおこの説明では、先に検査工程1の比較検査を行いその後に検査工程2の比較検査を実施したが、それに限るものではなく逆の順序でも構わない。なお、検査工程1と同様に検査工程2を反転転写像全面で実施しても構わないが、検査工程1で抽出した欠陥データを用いてその位置に限定して実施すれば、検査工程2の検査時間を大幅に短縮できる。

【0013】(実施例3) 本発明に関わる第3の実施例として、Die-to-Database比較方式による欠陥検査手順を図6を用いて説明する。Die-to-Database比較検査法の基本原理は、パタン形成に使用した設計データ(Database)と、同データに基づいて実際に形成したマスクパタンを比較するものである。例えば、孔パタン等の凹型パタンに対して検出感度の高い検査を実現するには、反転転写法で作成した凸型の柱状レジストパタンを検査対象とすることが非常に効果的であることは既述した通りである。そこで本実施例は、マスクパタンを反転転写した反転転写レジストパタン像の画像情報を設計データを反転変換した反転設計データから画像情報をDie-to-Database方式で比較して欠陥を検査する方法を提案するものである。図6において、311は反転設計データ、312は反転設計データによるピットマップ、313はX線マスクパタンの反転転写像、314はX線マスク欠陥に発生した反転転写像内の転写欠陥、315は検査装置の電子線源、316は発生した2次電子、317は2次電子検出器、318は反転転写像のピットマップ、319はデータ比較器である。まず、設計パタンデータを白黒反転した反転設計データ311を作成し、それを画像化処理し上記データからピットマップ情報312を作成する。また、微小孔パタンから成るX線マスクを反転露

光して柱状パタンから成る1つの反転転写像313を作成する。なお、反転転写像内にはマスク欠陥に起因する転写欠陥314が存在するとする。次に、反転転写像に欠陥検査用の電子線315を照射して2次電子信号316を発生させ、2次電子検出器317で検出した2次電子像から反転転写像に関するピットマップ318を作成する。最後に、データ比較器319で2つのピットマップ情報312と318を比較し欠陥を検出する。反転転写して作成した凸型の柱状パタンからは大きく鮮明な2次電子画像が得られるため、Die-to-Database比較検査において抽出できる欠陥は、マスク上のマスク欠陥に起因する欠陥だけでなく、転写工程において転写パタン上に混入するプロセス欠陥(パーティクル等)の場合もある。しかし、実施例3における比較検査ではそれらを区別することはできない。本実施例4は上記課題を解決するためのものであり、マスク欠陥とプロセス欠陥を選別するための検出手順に関するものである。選別法の基本的考え方方は実施例2で述べたものと同じであり、同一マスクからの2つの転写パタンを互いに比較する検査工程2を、実施例3の検査工程1に追加することである。なお、検査工程2における欠陥選別法の原理は、実施例2で既に述べたものと同じであるため、ここでは説明を省略する。検査手順は、まず、反転転写像と反転設計データの間でDie-to-Database比較検査を行い、反転転写像内に存在する全ての欠陥(マスク欠陥とプロセス欠陥)を検出する。次に、前記検査で検出された欠陥データに基づいて2つの反転転写像の間でDie-to-Die方式の比較検査を行う。この2段階の検査手順を施すことによって、検査工程1で検出された欠陥がマスク欠陥に起因する転写欠陥プロセス欠陥を容易に区別することが可能となる。

【0015】なお実施例では、X線マスク上の凹型パタンは主に孔パタンとして説明したが、それに限らず溝パタンにおいても同様の効果があることは言うまでもない。また、反転パタンとしてネガ型レジストパタンを説明に用いたが、それに限らずレジストパタンをマスクとしてエッチングしたエッチングパタンであっても構わない。また、反転パタン形成法としてネガ型レジストによる方法を説明に用いたが、レジストパタンをマスクとして行うリフトオフ法などであっても構わない。また、ここでパタン検査光源として電子線を用い2次電子を検出する場合について述べたが、反射電子を検出する場合であっても、また、レーザ等を用い反射光量を検出する場合であっても構わないことは言うまでもない。なお、チャージアップが問題となる検査試料では導電膜被覆処理を施してから検査することは言うまでもない。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明はX線マスク上の凹型パタンを反転転写することによってウエハ上に凸形の反転転写パタンを形成しそれを検査対象としてパタン検査を行う方法である。この結果、大きな2次電子信号が得られ高感度のパタン検査が可能という大きな利点がある。また、2段階の検査工程を導入することによって、マスク欠陥とプロセス欠陥の選別が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、微小孔パタンを有するX線マスク及び2次電子検出系の説明図である。(b)は、2次電子信号検出例である。

【図2】(a)は、ネガレジストを用いたX線露光による反転転写法の模式図である。(b)は、反転転写法により形成する柱状レジストパタンである。

【図3】(a)は、柱状パタンに対する電子線照射による2次電子検出系の模式図である。(b)は2次電子信号検出例である。

【図4】(a)は、実施例1に関する2枚のX線マスクA及びBによる2つの反転転写像形成法の例である。(b)は、2つの反転転写像から得られる2次電子信号の比較例である。

【図5】実施例2の説明に用いる2行2列の反転転写像の配置図である。

【図6】本発明に関わる第3の実施例を説明する図である。

【符号の説明】

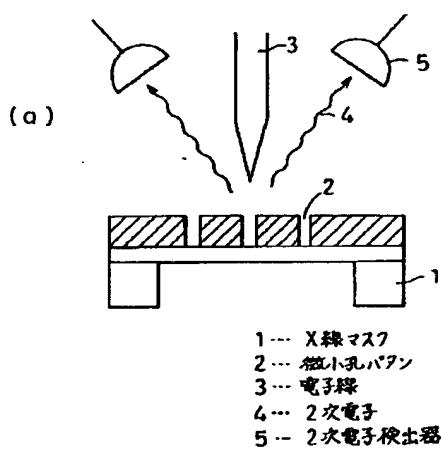
1	X線マスク
2	孔パタン
3	入射電子線
4	2次電子
5	2次電子検出器
21	X線マスク
22	微小孔パタン
23	ウエハ基板
24	ネガ型レジスト
25	軟X線束
26	反転転写された柱状レジストパタン
31	ウエハ基板
32	柱状レジストパタン
33	入射電子線
34	転写パタンから発生した2次電子
35	2次電子検出器
100	X線マスクA
101	X線マスクAの孔パタン底の欠陥
102	X線マスクAの孔パタン欠陥による反転転写欠陥
110	X線マスクAの反転転写像
50	X線マスクB

9

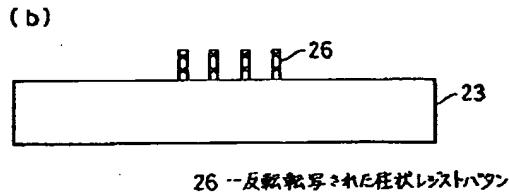
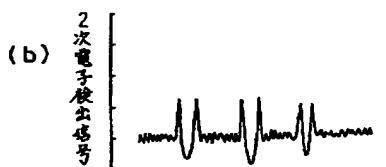
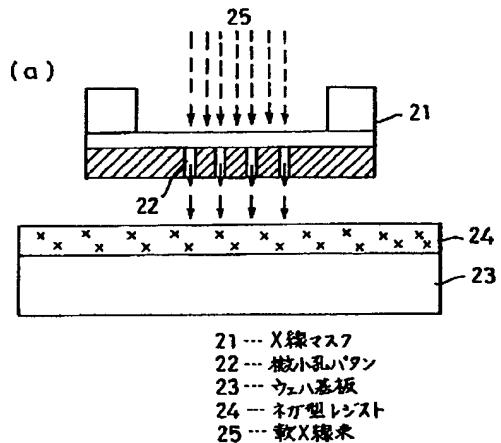
201 X線マスクBの孔バタン底の欠陥
 202 X線マスクBの孔バタン欠陥による反転転写欠陥
 210 X線マスクBの反転転写像
 110, 120 X線マスクAからの反転転写像A1及びA2
 210, 220 X線マスクBからの反転転写像B1及びB2
 102 X線マスクAのマスク欠陥に起因する転写欠陥
 202 X線マスクBのマスク欠陥に起因する転写欠陥

115, 116, 215, 216 各反転転写像に存在するプロセス欠陥
 311 反転設計データ
 312 反転設計データによるピットマップ
 313 X線マスクバタンの反転転写像
 314 X線マスク欠陥に発生した反転転写像内の転写欠陥
 315 検査装置の電子線源
 316 発生した22
 10 317 2次電子検出器
 318 反転転写像のピットマップ
 319 データ比較器

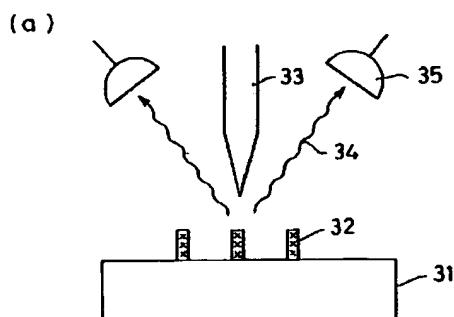
【図1】



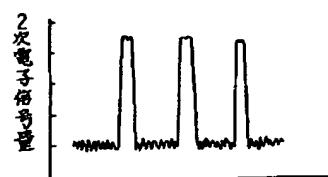
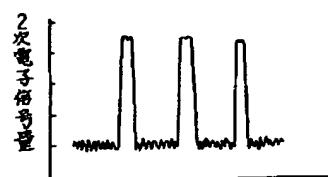
【図2】



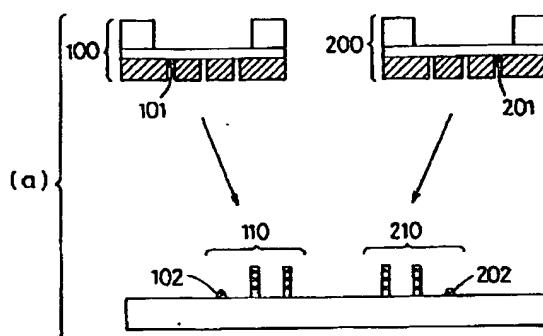
【図3】



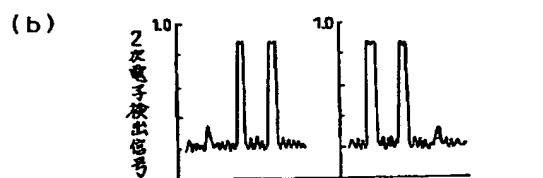
(a)



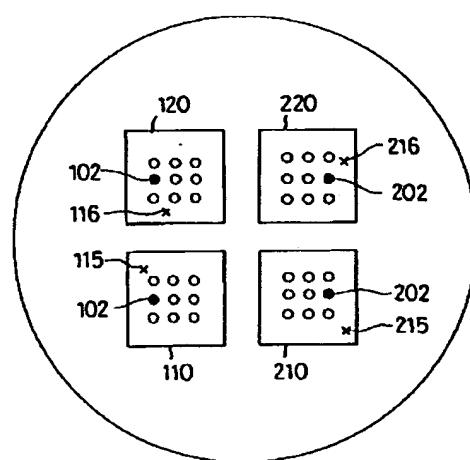
【図4】



100 … X線マスクA
 110 … 反転電像A1
 200 … X線マスクB
 210 … 反転電像B1
 101, 201 … 欠陥
 102, 202 … 転写欠陥

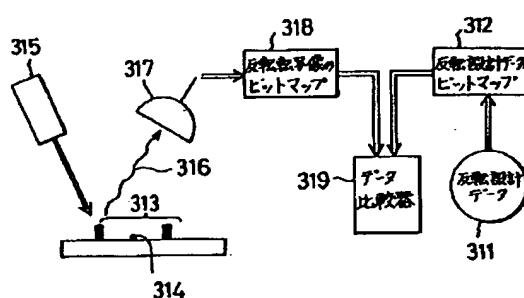


【図5】



102, 202 … 転写欠陥
 115, 116, 215, 216 … プロセス欠陥
 110 … X線マスクAの反転電像A1
 120 … X線マスクAの反転電像A2
 210 … X線マスクBの反転電像B1
 220 … X線マスクBの反転電像B2

【図6】



313 … X線マスクパターンの反転電像
 314 … 欠陥
 315 … 練習光源(電子線源)
 316 … 2次電子
 317 … 2次電子検出器